



DEUTSCHES  
PATENTAMT

Patentschrift  
DE 44 18 769 C 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 60 K 28/16  
B 60 T 8/32

# 6

- 21 Aktenzeichen: P 44 18 769.6-21  
22 Anmeldetag: 28. 5. 94  
23 Offenlegungstag: —  
24 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24. 8. 95

DE 44 18 769 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Mercedes-Benz AG, 70327 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Fischle, Gerhard, Dipl.-Ing. (FH), 73732 Essling n,  
DE; Baumann, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 71034  
Böblingen, DE; Klingel, Ralph, Dipl.-Ing. (FH), 71299  
Wimsheim, DE; Pfister, Carola, Dipl.-Ing. (BH), 70327  
Stuttgart, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 22 471 A1  
DE 32 36 366 A1  
DE 27 56 192 A1

DE-Z. Auto-Motor-Sport, 1986, H 16, S 34

54 Verfahren zur Dämpfung von Regelschwingungen eines mittels Lowrad-Bremseneingriffen traktionsregelnd n  
Systems in einem Kraftfahrzeug

- 57 Es ist bekannt, bei Kraftfahrzeugen die Traktion insbesondere bei unterschiedlichen Reibwerten an den Antriebsrädern mittels eines einseitigen Lowrad-Bremseneingriffs zu steigern. Bei Realisierung einer derartigen Traktionsregelung kann ein unerwünschtes Regelschwingungsverhalten auftreten, welches z. B. Anfahrtrampeln und Triebstrangschwingungen hervorrufen kann.

Es wird ein Verfahren für derartige elektronische Traktions-systeme vorgeschlagen, mit dem unerwünschte Traktions-regelschwingungen, wie Anfahrtrampeln und Triebstrang-schwingungen, gedämpft und damit weitgehend vermieden werden. Insbesondere wird hierzu vorgesehen, einen Wechsel des zu regelnden Lowrades vom einen auf das andere Antriebsrad erst vorzunehmen, wenn die Drehzahl des bisherigen Highrades um ein bestimmtes Maß größer als diejenige des bisherigen Lowrades ist und an letzterem kein regelnder Bremsdruck mehr ansteht, und/oder den Schwellwert zur Aktivierung traktionssteigernder Bremseneingriffe dynamisch einzustellen, indem er bei erkanntem Triebstrangschwingungsverhalten geeignet angehoben wird. Verwendung für elektronische Traktions-systeme mit Lowrad-Bremseneingriffen in Kraftfahrzeugen.

DE 44 18 769 C 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Dämpfung von Regelschwingungen eines mittels Lowrad-Bremseneingriff in traktionsregelnden Systems in einem Kraftfahrzeug.

Derartige elektronische Traktionssysteme sehen einen Bremseneingriff an dem zuerst zum Durchdrehen neigenden Antriebsrad, dem sogenannten Lowrad vor. Derartige Situationen ergeben sich insbesondere dann, wenn für die Antriebsräder unterschiedliche Reibwerte vorliegen. Durch den einseitigen Bremseneingriff am Lowrad wird ein entsprechendes traktionssteigerndes Sperrmoment auf das Highrad übertragen. Solche Systeme ersetzen folglich die ebenfalls diesem Zweck dienenden automatischen Sperrdifferentiale. Ein solches elektronisches Traktionssystem ist beispielsweise in dem Artikel "Ausgebremsst" der Zeitschrift Auto-Motor-Sport vom 02.08.1986, Seite 34 beschrieben.

Beim Einsatz eines derartigen elektronischen Traktionssystems besteht die Gefahr, daß die Traktionsregelung ein unerwünschtes Regelschwingungsverhalten zeigt, welches beispielsweise zum sogenannten Anfahrrampeleffekt oder zu sogenannten Triebstrangschwingungen führen kann. Der Anfahrrampeleffekt beruht auf einem häufigen Wechsel von Lowrad und Highrad zwischen den beiden Antriebsrädern. Er droht insbesondere bei niedrigen Reibwerten an beiden Antriebsrädern, denn in der Regel beginnen nicht beide Räder gleichzeitig durchzudrehen, da der Reibwert und die Radlasten nie völlig übereinstimmen. Das zuerst durchdrehende Antriebsrad stellt dann das Lowrad für eine Traktionsregelung dar, wobei jedoch das gegenüberliegende Highrad meist schon ohne den Lowrad-Bremseneingriff kurze Zeit später ebenfalls durchdreht, was durch den traktionsregelnden Druckaufbau am Lowrad noch verstärkt wird. Dies kann dazu führen, daß nun das Highrad durchdreht, während der Lowradschlupf bis auf einen sehr niedrigen Wert herabgesetzt wird. Damit wechselt das zu regelnde Lowrad vom vormaligen Lowrad auf das vormalige Highrad. Am neuen Highrad wird nun Druck aufgebaut, während am neuen Lowrad Druck aufgebaut wird. Wegen des niedrigen Reibwertes kann jedoch das neue Highrad wiederum nicht das nötige Stützmoment bieten und dreht wieder durch. Dieser Vorgang wiederholt sich ohne Gegenmaßnahmen zyklisch, woraus sich hochfrequente Radschwingungen und ein sägend wechselseitiger Druckaufbau und abbau ergeben, was als Anfahrrampeln bezeichnet wird.

Eine weitere Ursache unerwünschter Traktionsregelschwingungen bei diesen Systemen ist vor allem durch einen exponentiellen Verlauf mit einem Maximumwert in der Schlupf-Reibwert-Kennlinie bedingt, wie er z. B. bei sogenanntem Peakis oder auf nasser Wiese auftritt. Dieser Kennlinienverlauf hat zur Folge, daß ein Antriebsrad, das sich zunächst in einem Schlupfbereich mit hohem Reibwert befindet, ein verhältnismäßig großes Antriebsmoment absetzen kann, bis es vom Haft- in den Gleitzustand übergeht. Durch die Schlupferhöhung verringert sich gleichzeitig die Haftung, so daß die Traktionsregelung beginnt und in diesem Rad als Lowrad traktionsregelnder Bremsdruck aufgebaut wird, wodurch sich der Schlupf wieder verringert. Durch den abnehmenden Schlupf erhöht sich jedoch gleichzeitig wieder der Reibwert, und das Lowrad wird noch stärker abg gebremst, so daß es annähernd schlupfflos läuft, wonach wieder Druck abgebaut wird, bis das Lowrad erneut durchzudrehen beginnt. Durch Wiederholung die-

ses Überschwingers der Traktionsregelung wird der Triebstrang zum Schwingen angeregt, und der Fahrkomfort kann störend beeinträchtigt werden.

Aus der Offenlegungsschrift DE 32 36 366 A1 ist eine Einrichtung zur Nutzung der möglichen Haftbeiwerte zweier über ein Differentialgetriebe angetriebener Räder eines Fahrzeuges bekannt, bei der dann, wenn die Drehzahldifferenz der Antriebsräder einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, ein Bremseneingriff am schneller drehenden Lowrad mit kontinuierlich ansteigender Bremswirkung so lange erfolgt, bis die Drehzahl am Lowrad wieder unter den Schwellwert gefallen ist und damit beide Räder wieder annähernd gleiche Drehzahl besitzen. Nach Unterschreiten des Schwellwertes wird der Lowrad-Bremsdruck gemäß einem vorgegebenen Druckgradienten abgebaut. Wenn nun die Drehzahl am bisherigen Highrad um den vorgegebenen Schwellwert über die Drehzahl am Lowrad ansteigt, bevor der Bremsdruckabbau am Lowrad beendet ist, wird ein traktionsregelnder Bremseneingriff am bisherigen Highrad ausgelöst, während gleichzeitig am bisherigen Lowrad noch Bremsdruck ansteht.

In der Offenlegungsschrift DE 27 56 192 A1 ist eine Einrichtung zur Steuerung des über ein Differentialgetriebe auf die Antriebsräder eines Kraftfahrzeuges übertragenden Drehmomentes beschrieben, bei der Magnetventile, die das Aktivieren und Deaktivieren der Antriebsradbremsen bewirken, dergestalt angesteuert werden, daß eine Abbremsung desjenigen Antriebsrades bewirkt wird, dessen Beschleunigung einen Beschleunigungs-Schwellwert übersteigt, wenn die Geschwindigkeit der Antriebsräder oberhalb eines vorgegebenen Geschwindigkeits-Schwellwertes liegt und das andere Antriebsrad nicht mit einem über dem Beschleunigungs-Schwellwert liegenden Beschleunigungswert beschleunigt wird, und daß ein Lösen der Bremse desjenigen Antriebsrades bewirkt wird, auf das die Bremse eingewirkt hat, wenn dessen Drehgeschwindigkeit abnimmt und/oder das andere Antriebsrad beschleunigt, sobald die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen beiden Antriebsrädern geringer als ein vorgegebener Geschwindigkeitsdifferenz-Schwellwert ist. Dabei ist vorgesehen, daß stets nur ein Magnetventil zur Bremsenaktivierung eingeschaltet sein kann. Ein Wechsel von einem bisher durch einen Bremseneingriff traktionsregelten Lowrad auf eine Traktionsregelung des bisherigen Highrades durch entsprechende Bremseneinwirkung findet dort u. a. bereits dann statt, wenn die Beschleunigung des bisherigen Highrades den vorgegebenen Beschleunigungs-Schwellwert überschreitet, wobei dann gleichzeitig die Bremse am bisherigen Lowrad deaktiviert und diejenige am bisherigen Highrad aktiviert wird. Dies erfolgt unabhängig davon, ob die Drehzahl am bisherigen Highrad größer als diejenige des bisherigen Lowrades ist oder nicht.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung eines Verfahrens der eingangs genannten Art zugrunde, mit dem sich störende Regelschwingungen eines elektronischen Traktionssystems, insbesondere die oben beschriebenen Anfahrrampel- und/oder Triebstrangschwingungseffekte, weitestgehend vermeiden lassen.

Dieses Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 oder mit den Merkmalen des Patentanspruches 5 gelöst. Durch das Verfahren nach Anspruch 1 wird ein zu häufiges Wechseln von Lowrad und Highrad zwischen den Antriebsrädern verhindert und damit insbesondere dem Anfahrrampeleffekt

fekt entgegengewirkt, indem derartige Wechsel nicht etwa bereits dann erfolgt, wenn der Highradschlupf den Lowradschlupf erreicht, sondern erst dann, wenn ersterer um einen vorgegebenen Wert größer als der Lowradschlupf wird und außerdem kein Bremsdruck mehr am Lowrad von einer vorigen Traktionsregelung ansteht. Zudem wird zunächst stets der Bremsdruck am vormaligen Lowrad jeweils vollständig abgebaut, bevor am bisherigen Highrad als dem möglichen neuen Lowrad ein neuer Traktionsregelungsvorgang beginnt. Mit einer Vorgehensweise nach Anspruch 5 wird einem Triebstrangschwingungsverhalten vorgebeugt, indem der Zeitverlauf des Betrages der als Regelgröße dienenden Antriebsradschlupfdifferenz erfaßt und bei erkanntem Schwingungsverhalten desselben der Schwellwert zur Aktivierung eines jeweiligen Traktionsregelungsvorgangs angehoben wird, so daß die Häufigkeit abwechselnder Aktivierungen und Deaktivierungen der Traktionsregelung abgesenkt und die Regelung dadurch beruhigt wird.

In Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 2 wird ein Lowrad/Highrad-Wechsel nicht vor Ablauf einer vorgegebenen Hysteresezeit nach einem vorangegangenen Wechsel zugelassen, was weiter der Dämpfung des Anfahrtrapeleffektes dient. Da dieser Effekt bei höheren Geschwindigkeiten störender zutage tritt als bei niedrigen, wird diese Hysteresezeit gemäß Anspruch 3 vorzugsweise fahzeuggeschwindigkeitsabhängig festgesetzt. Speziell wird bei aktiver Traktionsregelung ein derartiger Lowrad/Highrad-Wechsel gemäß Anspruch 4 nur dann zugelassen, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit unter einem vorgegebenen Wert liegt. Damit wird bei höheren Geschwindigkeiten dem wechselseitigen Trampeln entgegengewirkt, während im niedrigen Geschwindigkeitsbereich bei  $\mu$ -Split die Traktion zum Anfahren verbessert wird.

Eine Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 6 stellt eine situationsangepaßte, variable Anhebung der Aktivierungsschwelle für die Traktionsregelung zur Verfügung, indem der neue Schwellwert jeweils auf das letzte erkannte Maximum der Schlupfdifferenzkurve zuzüglich eines festgelegten Offsetwertes gesetzt wird. Dies realisiert im Gegensatz zur Wahl einer statischen Aktivierungsschwelle, die für bestimmte Reibverhältnisse viel zu hoch ist, um auch den schlechtestmöglichen Fall abzudecken, eine an die unterschiedlichen Fahrbahnverhältnisse bestmöglich angepaßte, variable, dynamische Anhebung der Aktivierungsschlupfschwelle. Bevorzugt ist dabei nach Anspruch 7 vorgesehen, daß der Offsetwert größer als die Differenz zwischen dem Aktivierungsschwellwert und einem Deaktivierungsschwellwert, welcher zur Deaktivierung eines Traktionsregelungsvorgangs dient, gewählt wird. Dies bewirkt, daß bei einer Anhebung des Aktivierungsschwellwertes der Betrag der aktuellen Schlupfdifferenz unter der Deaktivierungsschwelle liegt, so daß die Traktionsregelung auf Druckabbau geht und der Lowradschlupf weiter zunehmen kann, um einem Aufschwingen des Antriebsstrangs entgegenzuwirken.

Eine Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 8 stellt eine vorteilhafte Möglichkeit einer zuverlässigen Erkennung von Triebstrangsschwingungsverhalten zur Verfügung.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1, 3 je einen Programmablaufplan eines Verfahrensteils zur Dämpfung des Anfahrtrapeleffektes in-

nerhalb einer elektronischen Traktionsregelung für ein Kraftfahrzeug und

Fig. 2 einen Programmablaufplan eines Verfahrensteils zur Dämpfung von Triebstrangschwingungen innerhalb einer elektronischen Traktionsregelung für ein Kraftfahrzeug.

Nachfolgend wird zunächst der in Fig. 1 dargestellten Programmteil eines Verfahrens innerhalb eines elektronischen Traktionssystems in einem Kraftfahrzeug erläutert, mit welchem vor allem dem oben erwähnten Problem des Anfahrtrapeleffektes, d. h. unerwünscht häufigen Lowrad/Highrad-Wechsel insbesondere bei beidseitig niedrigen Reibwerten an den Antriebsrädern, begegnet wird. Dieser Programmteil wird ebenso wie die übrigen Programmteile der elektronischen Traktionsregelung zyklisch in einem vorgegebenen Zeittakt bei Vorliegen der entsprechenden Voraussetzungen durchlaufen.

Ein Zyklus zur Dämpfung des Anfahrtrapeleffektes wird jeweils mit einem Startschritt 1 eingeleitet, falls ein vorhandener Bremslichtschalter (BLS) anzeigt, daß keine fahrerinduzierte Bremsung vorliegt.

Dabei werden vom System laufend die Drehzahlen der Fahrzeugräder erfaßt und unter anderem zur Bestimmung der Fahrzeuggeschwindigkeit benutzt. Außerdem werden die gefilterten und ackermankorrigierten Radgeschwindigkeiten der Antriebsräder in einem nächsten Schritt 2 zur Bestimmung der Radschlupfdifferenz (DS) zwischen der Radgeschwindigkeit (Rdr) des rechten und der Radgeschwindigkeit (Rdl) des linken Antriebsrades herangezogen. Diese Antriebsradschlupfdifferenz dient als Regelgröße für die eigentliche elektronische Traktionsregelung, bei der versucht wird, das Lowrad, also das Antriebsrad mit der jeweils anfänglich geringeren Haftung und damit dem größeren Schlupf, durch einen passenden Bremseneingriff innerhalb eines vorgegebenen Schlupfbereiches zu halten. Wie oben beschrieben wurde, kann dieser Bremseneingriff am Lowrad in bestimmten Fahrsituationen die Neigung zum Durchdrehen des Highrades verstärken, so daß dieses schneller als das bisherige Lowrad zu drehen beginnt und folglich ein Wechsel der Lowrad-Highrad-Eigenschaft angefordert wird. Zur Vermeidung zu häufiger derartiger Wechsel und damit zur Dämpfung des Anfahrtrampelns wird nun wie folgt fortgesetzt.

In einer Abfrage (Schritt 3) wird festgestellt, ob noch traktionsregelnder Bremsdruck ( $p_t$ ) am bisherigen Lowrad ansteht, also noch eine Traktionsregelung aktiv ist, oder ob bei einer über die Raddrehzahlen ermittelten Fahrzeuggeschwindigkeit von über 20 km/h dieser Lowradbremsdruck erst seit einer Zeitdauer ( $t$ ) kleiner als eine festgelegte Hysteresezeit ( $t_H$ ), die vorliegend beispielhaft auf 600 ms gesetzt ist, auf null liegt. Liegt eine der beiden Alternativen vor, so bleibt das Lowrad unverändert (Schritt 4), wobei die Information, ob das rechte oder das linke Antriebsrad das Lowrad bildet, von einem entsprechenden Markierungsbit in der Steuerungselektronik getragen wird. Ersichtlich hat die geschwindigkeitsabhängige Wahl der Hysteresezeit, die bei Geschwindigkeiten unter 20 km/h auf null und bei Geschwindigkeiten über 20 km/h auf 600 ms gesetzt ist, die Funktion, bei höheren Geschwindigkeiten dem wechselseitigen Trampeln entgegenzuwirken und im niedrigen Geschwindigkeitsbereich bei  $\mu$ -Split den Wechsel ohne Zeitverzögerung zu erlauben, um dort die Traktion zu verbessern.

Trifft hingegen im Abfrageschritt 3 keine der beiden Alternativen zu, was bedeutet, daß entweder bei einer

Geschwindigkeit unter 20 km/h, wenn seit einer Zeitdauer ( $t$ ) größer als die Hysteresezeit ( $t_H$ ) im Geschwindigkeitsbereich über 20 km/h kein traktionssteigernder Lowradbremsdruck mehr vorliegt, so wird mit einem Abfrageschritt 5 fortgesetzt, in welchem geprüft wird, ob die oben bestimmte Radschlupfdifferenz der Antriebsräder einen vorgegebenen Schwellwert, der vorliegend beispielhaft auf +0,5 km/h gesetzt ist, überschritten hat. Bejahendenfalls bedeutet dies, daß das rechte Antriebsrad durchzudrehen beginnt, so daß in diesem Fall mit einem Abfrageschritt 6 fortgesetzt wird, in welchem festgestellt wird, ob der Bremsdruck ( $p_T$ ) im linken Antriebsrad auf null liegt. Ist dies nicht der Fall, so bedeutet dies, daß das linke Rad bisher das vom Traktionsystem antriebsschlupf geregelte Lowrad ist und in diesem Rad noch traktionsregelnder Bremsdruck vorliegt. Da ein Lowrad/Highrad-Wechsel erfindungsgemäß unterbleiben soll, solange noch traktionsregelnder Lowradbremsdruck vorliegt, wird in diesem Fall das linke Antriebsrad als Lowrad für die Traktionsregelung noch weiter beibehalten und zuerst dort der Druck abgesenkt (Schritt 7). Wurde im vorangegangenen Abfrageschritt 6 hingegen festgestellt, daß im linken Rad kein antriebsschlupf geregelnder Bremsdruck mehr vorliegt, also dort keine Traktionsregelung mehr aktiv ist, so wird das lowradmarkierende Bit für die Traktionsregelung so gesetzt, daß nunmehr das rechte Antriebsrad das Lowrad bildet, welches im weiteren den traktionssteigernden Bremseneingriffen unterworfen wird (Schritt 8).

Wurde andererseits im Abfrageschritt 5 festgestellt, daß die Radgeschwindigkeitsdifferenz (DS) den Schwellwert von +0,5 km/h nicht überschritten hat, so setzt das Verfahren mit einem weiteren Abfrageschritt 9 fort, in welchem geprüft wird, ob diese Radgeschwindigkeitsdifferenz (DS) der Antriebsräder einen unteren Schwellwert von -0,5 km/h unterschritten hat. Ersichtlich wird durch die beiden Schwellwerte von -0,5 km/h und +0,5 km/h ein Hystereseband in symmetrischer Weise vorgegeben, welches bewirkt, daß ein Lowrad/Highrad-Wechsel nicht sofort bei einem Vorzeichenwechsel der Antriebsradschlupfdifferenz (DS) erfolgt, sondern erst, wenn das bisherige Highrad um das entsprechende Maß schneller dreht als das bisherige, dem traktionsregelnden Bremseneingriff unterworfen Lowrad. Dies trägt merklich zu einer Beruhigung von Lowrad/Highrad-Wechseln und damit zur Dämpfung der Anfahrrampelerscheinungen bei. Dementsprechend wird bei Verneinung der Abfrage von Schritt 9, welche zusammen mit der Verneinung der Abfrage in Schritt 5 bedeutet, daß die Antriebsradschlupfdifferenz (DS) innerhalb des durch die beiden Schwellwerte gegebenen Hysteresebandes liegt, zum Schritt 4 gesprungen, was bedeutet, daß die bisher bestehende Lowrad- und Highradaufteilung auf die beiden Antriebsräder und damit das entsprechende Markierungsbit unverändert bleiben. Wird die Abfrage in Schritt 9 hingegen bejaht, wird dies als Durchdrehen des linken Antriebsrades erkannt und in analoger Weise wie bei der Bejahung des Abfrageschrittes 5 mit einem Abfrageschritt 10 fortgesetzt, in welchem geprüft wird, ob im rechten Antriebsrad noch Bremsdruck der Traktionsregelung ansteht. Ist dies nicht der Fall, so findet kein Lowrad/Highrad-Wechsel statt, sondern zunächst wird der Bremsdruck im rechten Antriebsrad abgebaut, weshalb dementsprechend auch das Markierungsbit bezüglich der Lowradeigenschaft unverändert bleibt (Schritt 11). Wird hingegen im Abfrageschritt 10 festgestellt, daß im rechten Antriebsrad

kein traktionsregelnder Bremsdruck mehr vorliegt, so wird das linke Antriebsrad als das ab jetzt dem Bremseneingriff der Traktionsregelung zu unterwerfende Lowrad bestimmt, was durch entsprechendes Setzen des Markierungsbits der Lowrad- und Highradverteilung in das Traktionsregelungssystem eingeht.

In jedem der möglichen Fälle der Beendigung eines Verfahrenszyklus von Fig. 1, d. h. nach Schritt 4, 7, 8, 11 oder 12, wird mit weiteren Programmabschnitten der Traktionsregelung fortgesetzt, wofür symbolisch der Ende-Funktionsblock (13) des Verfahrensteils von Fig. 1 steht. Ersichtlich leistet der in Fig. 1 gezeigte Verfahrensabschnitt eine wirksame Dämpfung des Anfahrrampeeffektes durch Unterdrücken zu häufiger Lowrad/Highrad-Wechsel, indem erstens durch einen negativen unteren und einen positiven oberen Schwellwert ein Antriebsradschlupfdifferenz-Hystereseband geschaffen ist und zweitens ein Lowrad/Highrad-Wechsel erst vorgenommen wird, wenn zuvor ein am vormalig langsamer drehenden Antriebsrad anstehender, traktionsregelnder Bremsdruck abgebaut und je nach momentaner Fahrzeuggeschwindigkeit eine geschwindigkeitsabhängig vorgebbare Hysteresezeit seit Erreichen des bremsdrucklosen Zustands des bisherigen Lowrades abgelaufen ist. Es versteht sich, daß die diversen oben angegebenen Zahlenwerte lediglich ein Beispiel darstellen und die entsprechenden Größen angepaßt an den jeweiligen Anwendungsfall geeignet modifiziert werden können.

Der in Fig. 2 gezeigte Programmablauf stellt einen weiteren Teil des gesamten Ablaufs einer elektronischen Traktionsregelung dar. Dieser Verfahrensteil bewirkt die Dämpfung der weiter oben erläuterten Triebstrangschwingungen, die aus Überschwüngen traktionssteigernder Bremseneingriffe am Lowrad resultieren, welche sich insbesondere bei einer ein Maximum aufweisenden Schlupf-Reibwert-Kennlinie ergeben, wie sie z. B. für Peakis oder eine nasse Wiese als Fahrbahnbeschaffenheit auftritt.

Wie im obigen Fall der Dämpfung des Anfahrrampeeffektes beginnt dieser Verfahrensteil zur Dämpfung der Triebstrangschwingungen mit einem Startschritt 20, der bei jedem Traktionsregelungszyklus dann eingreift, wenn kein fahrerinduzierter Bremsvorgang vorliegt.

Der Startschritt 20 beinhaltet außerdem wiederum die Bestimmung der Radschlupfdifferenz (DS) der Antriebsräder aus den gefilterten und ackermannkorrigierten, gemessenen Raddrehzahlen der als Antriebsräder fungierenden Hinterräder. Eine erste Funktion dieses Verfahrensteils besteht darin, das Vorliegen von Triebstrangschwingungsverhalten zu erkennen, wozu die Antriebsradschlupfdifferenz (DS) in ihrem zeitlichen Verlauf erfaßt und auf das Vorhandensein einer Triebstrangschwingung hin wie folgt analysiert wird, wobei diese Analyse im Programmablauf von Fig. 2 in auf den Startschritt 20 folgenden Abfrageschritten 21 und 22 enthalten ist. Im Schritt 21 wird zunächst geprüft, ob der Betrag der Schlupfdifferenz (DS) innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer nach einem ersten Maximum ein zweites Maximum und damit auch ein zwischenliegendes Minimum zeigt. Hierzu wird nach der Feststellung, daß die Kurve des zeitlichen Verlaufs des Betrags der Antriebsradschlupfdifferenz (DS) ein erstes lokales Maximum erreicht hat, ein Zeitzähler gestartet und der Maximumwert gespeichert. Mit dem Zeitzähler wird nun geprüft, ob die Schlupfdifferenz während einer vorgegebenen Zeitdauer nach dem ersten Maximum, welche z. B. auf 200 ms gesetzt ist, ein lokales Minimum

(MINS) und anschließend bis zu einem zweiten lokalen Maximum (MAX2) durchläuft, wobei wiederum das Minimum- und der zweite Maximumwert gespeichert werden.

Wenn der Fall eintritt, daß die Schlupfdifferenz (DS) innerhalb der vorgegebenen Zeit ein derartiges zweites Maximum (MAX2) aufweist, so setzt das Verfahren mit dem nächsten Abfrageschritt 22 fort, in welchem weiter analysiert wird, ob das Auftreten eines derartigen zweiten lokalen Maximums innerhalb der festgesetzten Zeitdauer auf einem Triebstrangschwingungsverhalten beruht. Auf das Vorliegen einer derartigen Schwingung wird hierbei dann geschlossen, wenn erstens die Differenz zwischen dem arithmetischen Mittelwert der beiden Maxima und dem Minimumwert über einem Schwellwert liegt, der vorliegend beispielhaft auf 2,7 km/h gesetzt ist, und zweitens der Betrag der Differenz zwischen den beiden Maximumwerten unterhalb eines weiteren Schwellwertes liegt, der vorliegend auf 4 km/h gesetzt ist. Sind diese Bedingungen erfüllt, so wird ein Triebstrangschwingungen markierendes Bit (TB) auf 1 gesetzt, um dem Traktionsregelungssystem das Vorliegen einer Triebstrangschwingung anzuzeigen (Schritt 23). Anschließend wird vom System der Aktivierungsschwellwert (As) zur Aktivierung traktionssteigernder Lowrad-Bremseneingriffe angehoben (Schritt 24), und zwar dergestalt, daß der neue Aktivierungsschwellwert (As) auf den Wert des zuletzt erkannten, zweiten Maximums (MAX2) zuzüglich eines Offsetwertes gesetzt wird, für welchen vorliegend ein Wert von 5 km/h gewählt ist. Als obere Grenze der Schlupfschwellwertanhebung ist ein Wert von 30 km/h vorgesehen. Dieser Offsetwert von 5 km/h ist so gewählt, daß durch die Anhebung der Aktivierungsschwelle (As) die jeweils um einen bestimmten Betrag, z. B. um 2 km/h, unter dieser liegend festgesetzten Deaktivierungsschwelle zur Deaktivierung eines jeweiligen Traktionsregelungsvorgangs größer als der aktuelle Schlupfdifferenzbetrag wird, so daß die Regelung auf Druckabbau schaltet und der Lowradschlupf zunehmen kann, wodurch einem Aufschwingen des Antriebsstrangs entgegengewirkt wird.

Sind die Triebstrangschwingungsbedingungen des Abfrageschritts 22 hingegen nicht erfüllt, so indiziert dies, daß das erkannte zweite Maximum (MAX2) nicht auf eine Triebstrangschwingung zurückzuführen ist und das zugehörige Markierungsbit (TB) wird auf null gesetzt, um das Nichtvorliegen einer Triebstrangschwingung anzuzeigen (Schritt 25). Anschließend wird vom System eine inkrementale Verringerung der ggf. in vorhergehenden Zyklen angehobenen Aktivierungsschlupfschwelle (As) um vorliegend 1/64 km/h pro Zyklus vorgenommen, was etwa einer Rate von 1,6 km/s entspricht (Schritt 26). Ersichtlich wird durch den aktivierungsschwellwerterhöhenden Schritt 24 und den aktivierungsschwellwertverringenden Schritt 26 eine variable, dynamische Anpassung der Aktivierungsschlupfschwelle (As) an die jeweilige Fahrsituation realisiert. Der Aktivierungsschwellwert wird bei Bedarf angehoben und anschließend allmählich dekrementiert, so daß sich die Aktivierungsschwelle zur Traktionsregelung bei weitestgehender Vermeidung von Triebstrangschwingungen in bestmöglicher Weise sowohl auf die spezielle Fahrzeugphysik, insbesondere die jeweilige Achsgeometrie, als auch auf die momentanen Fahrbahnverhältnisse einstellt. Dies macht es zudem möglich, ein einheitliches Verfahren zur Triebstrangschwingungsdämpfung für alle Fahrzeugtypen zu verwenden.

Nach dem aktivierungsschwellenanhebenden Schritt

24 oder dem aktivierungsschwellen-dekrementierenden Schritt 26 setzt das Verfahren mit einer Neuinitialisierung (Schritt 27) fort, an die sich ein Abfrageschritt 28 anschließt, in welchem festgestellt wird, ob das triebstrangschwingungsmarkierende Bit (TB) auf null liegt und keine Regelung aktiv ist. Ist dies der Fall, wird der Aktivierungsschwellwert (As) auf den Ausgangswert null gesetzt (Schritt 29), wonach dann ebenso wie im Fall einer negativen Abfrage im Schritt 28 ein Programmzyklus beendet ist (Schritt 36) und mit weiteren Programmteilen der Traktionsregelung fortgesetzt wird, bis der triebstrangschwingungsdämpfende Verfahrenszyklus erneut durchlaufen wird.

In der Fig. 3 ist ein gegenüber der Fig. 1 vereinfachter Programmablauf eines Verfahrensteils zur Verhinderung des Anfahrtrapeleffektes innerhalb einer elektronischen Traktionsregelung dargestellt. Durch die Abfrage des traktionsregelnden Bremsdrucks in dem Schritt 3 aus Fig. 3 können die Schritte 6, 7 und 10, 11 aus der Fig. 1 entfallen, da die Abfrage in Schritt 3 unabhängig davon ist, an welcher Fahrzeugseite der Regelingriff erfolgt. Damit ist eine Unterscheidung der Fahrzeugseiten mit/ohne Regeleingriff auch im späteren Verfahrensablauf nicht unbedingt erforderlich.

Wenn im anfänglichen Abfrageschritt 21 kein zweites Maximum im zeitlichen Verlauf des Betrags der Antriebsradschlupfdifferenz erkannt worden ist, so wird in einem anschließenden Abfrageschritt 30 der Zustand des triebstrangschwingungsmarkierenden Bits (TB) abgefragt. Liegt dieses auf eins, so liegt eine aktive Triebstrangschwingungserkennung vor, und es wird ein diesbezüglicher Zähler (ZT) um eins inkrementiert. Liegt hingegen das Bit auf null und zeigt folglich an, daß keine Triebstrangschwingungserkennung aktiv ist, so wird analog zum Schritt 26 in einem anschließenden Schritt 32 eine Dekrementierung des Aktivierungsschwellwertes (As) vorgenommen. Anschließend wird nach Schritt 31 oder 32 abgefragt (Schritt 33), ob der Betrag der Antriebsradschlupfdifferenz kleiner als der bislang vorliegende Minimumwert (MINS) ist. Ist dies der Fall, wird der bisherige Minimumwert durch den momentanen Betrag der Antriebsradschlupfdifferenz (DS) ersetzt (Schritt 34). Andernfalls wird der Wert für das zweite Kurvenmaximum (MAX2) auf diesen momentan vorliegenden Differenzbetrag des Antriebsradschlupfes gesetzt (Schritt 35). Anschließend fährt das Verfahren nach Schritt 34 oder 35 wie nach einer Neuinitialisierung im Schritt 27 mit dem Abfrageschritt 28 fort. Ersichtlich dienen die Schritte 34 und 35 im Anschluß an die entsprechenden vorherigen Abfragen dazu, den minimalen bzw. den maximalen Kurvenwert nachzuführen, damit ein späteres Umkehren des Kurvenverlaufs in Form eines lokalen Minimums oder eines lokalen Maximums erkannt werden kann.

Aus der obigen Beschreibung der Fig. 2 wird ersichtlich, daß min dem dort dargestellten Programmablauf eine zuverlässige Erkennung und wirksame Dämpfung von Triebstrangschwingungen eines elektronischen Traktionssystems mit Lowrad-Bremseneingriffen bereitgestellt wird.

Es versteht sich, daß innerhalb eines derartigen Traktionssystems wie vor liegend sowohl der triebstrangschwingungsdämpfende Verfahrensteil als auch der anfahrtrapeleffektdämpfende Verfahrensteil, alternativ jedoch auch jeweils nur einer der beiden Verfahrensteile vorgesehen sein können.

Dabei wird in Schritt 27 die Initialisierung durchgeführt. Bei der Initialisierung wird der Zeitähler z. T. auf



null zurückg setzt, der im  $\bullet$  auf ein Maximum begrenzt ist, um einen Zählüberlauf zu vermeiden. Desweiteren wird der Wert des ersten Kurvenmaximums Max1 durch den Wert des zweiten Kurvenmaximums Max2 ersetzt. Der Wert des zweiten Kurvenmaximums wird auf Null zurückgesetzt. Der Wert des lokalen Minimums wird dadurch zurückgesetzt, daß ihm ein hoher Geschwindigkeitswert, beispielsweise 150 km/h, zugeordnet wird.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Dämpfung von Regelschwingungen eines mittels Lowrad-Bremeneingriffen traktionsregelnden Systems in einem Kraftfahrzeug, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wechsel des zu regelnden Lowrades vom einen auf das gegenüberliegende Antriebsrad frühestens erfolgt, wenn die Drehzahl des bisherigen Highrades um einen vorgegebenen Wert größer als die Drehzahl des bisherigen Lowrades ist und am bisherigen Lowrad kein Bremsdruck mehr ansteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter dadurch gekennzeichnet, daß ein Wechsel des zu regelnden Lowrades vom einen auf das gegenüberliegende Antriebsrad weiter voraussetzt, daß seit dem letzten Wechsel eine vorgegebene Hysteresezeit abgelaufen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, weiter dadurch gekennzeichnet, daß die Hysteresezeit bei höherer Fahrzeuggeschwindigkeit größer gewählt wird als bei niedriger Fahrzeuggeschwindigkeit.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter dadurch gekennzeichnet, daß ein Wechsel des zu regelnden Lowrades vom einen auf das gegenüberliegende Antriebsrad bei aktiver Traktionsregelung nicht erfolgt, solange die Fahrzeuggeschwindigkeit über einem vorgegebenen Grenzwert liegt.
5. Verfahren zur Dämpfung von Regelschwingungen eines mittels Lowrad-Bremeneingriffen traktionsregelnden Systems in einem Kraftfahrzeug, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Verlauf des Betrags der Schlupfdifferenz (DS) der Antriebsräder erfaßt und bei erkanntem Schwingungsverhalten desselben der Aktivierungsschwellwert ( $A_s$ ) zur Aktivierung eines traktionssteigernden Lowrad-Bremeneingriffs um ein vorgegebenes Maß angehoben wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Aktivierungsschwellwert ( $A_s$ ) bei erkanntem Schwingungsverhalten auf einen Wert gesetzt wird, der um einen vorgegebenen Offsetwert größer als das letzte erkannte Maximum (MAX2) der Schlupfdifferenzbetragskurve ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, weiter dadurch gekennzeichnet, daß der Offsetwert größer als die Differenz zwischen dem Aktivierungsschwellwert und einem gegenüber letzterem geringeren Deaktivierungsschwellwert gewählt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, weiter dadurch gekennzeichnet, daß auf Schwingungsverhalten erkannt wird, wenn
  - nach einem ersten lokalen Maximum innerhalb einer vorgegebenen Zeitdauer ein lokales Minimum und ein zweites lokales Maximum

(MAX2)  $\bullet$  Zeitverlauf des Betrags der Schlupfdifferenz erfaßt werden und  
 — der Differenzbetrag zwischen den beiden Maximumwerten unter einem vorgegebenen Grenzwert sowie  
 — der Differenzbetrag zwischen dem Mittelwert der beiden Maximumwerte und dem Minimumwert über einem vorgegebenen Grenzwert liegen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

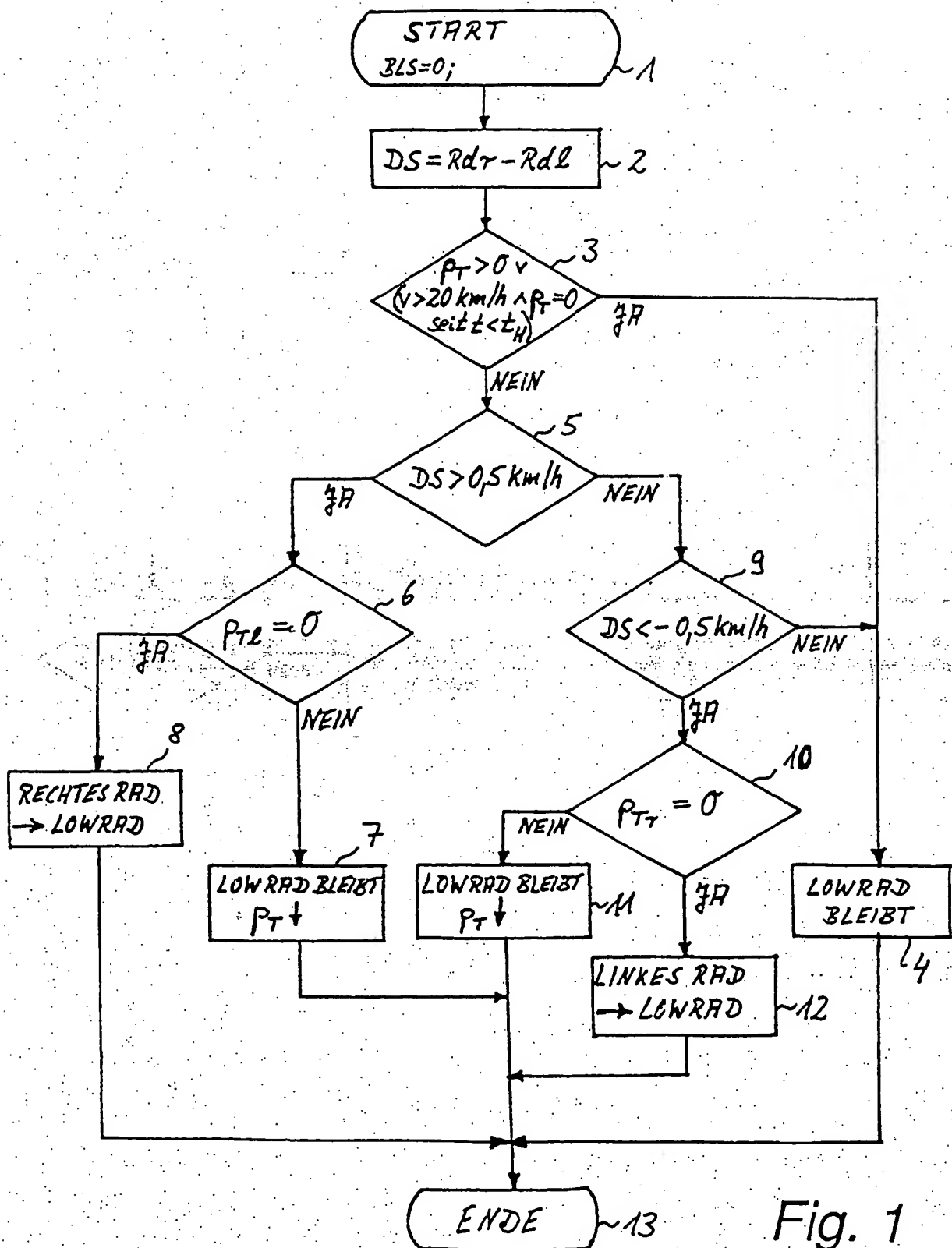


Fig. 1



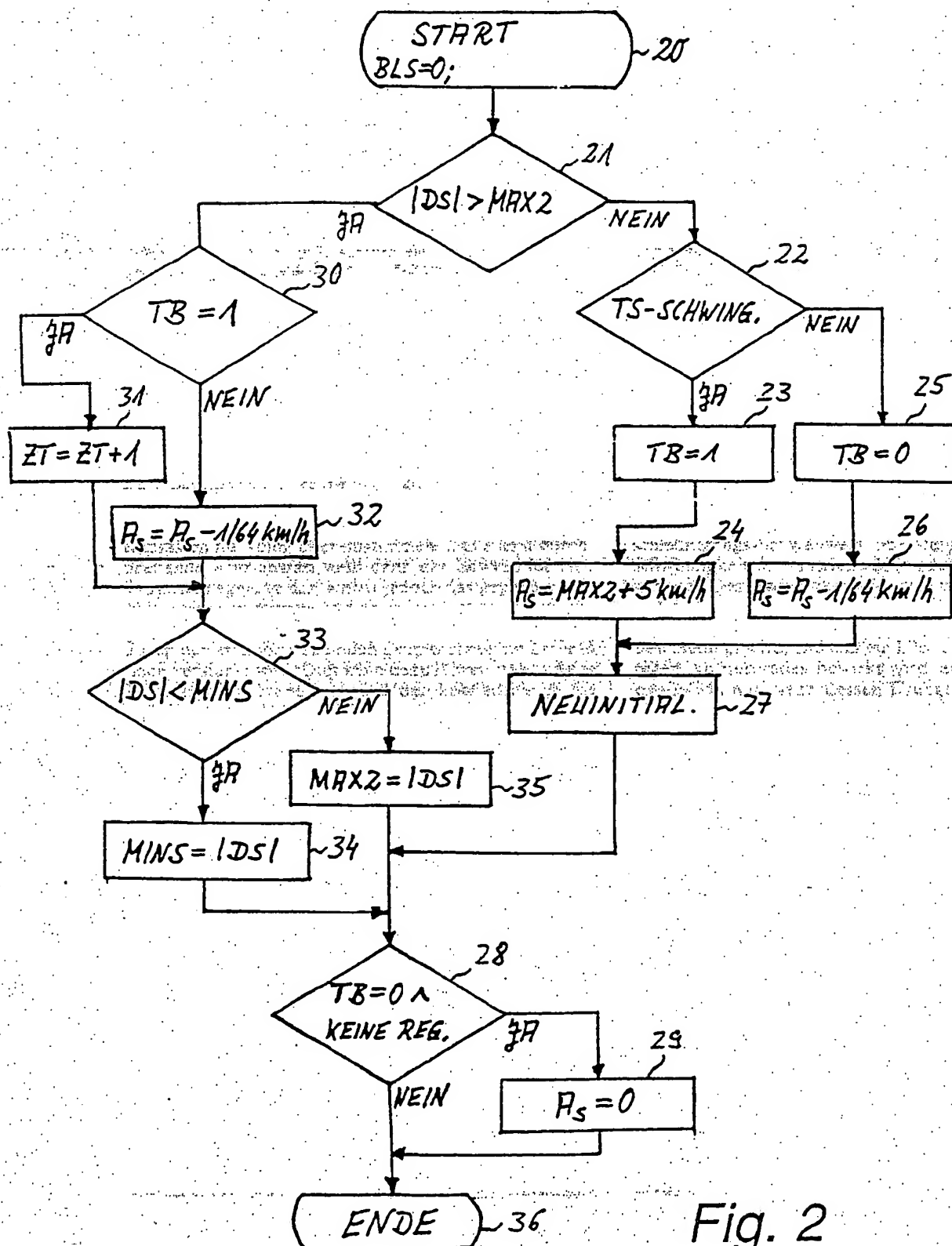


Fig. 2

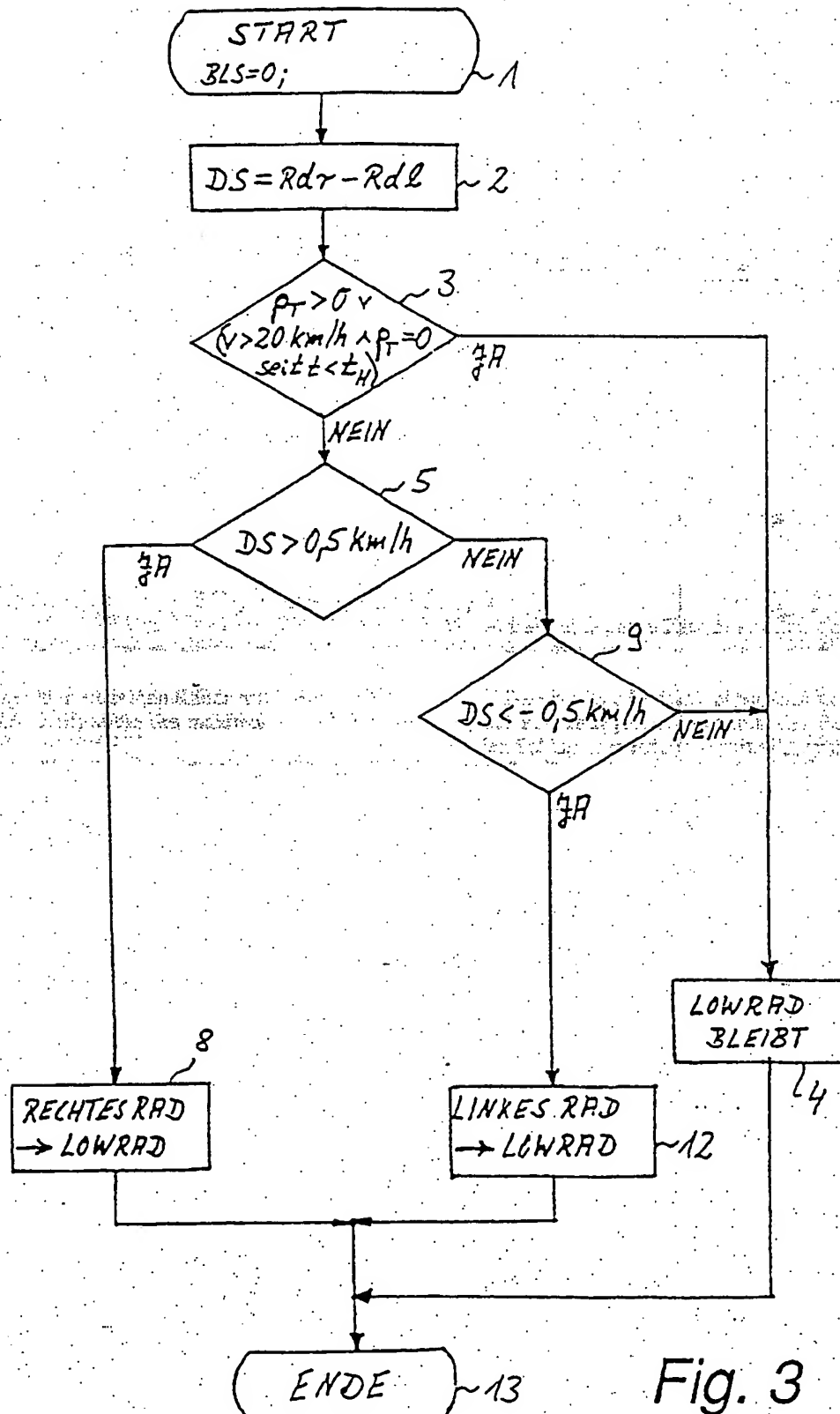


Fig. 3